

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE
CHIAPAS**

FACULTAD DE INGENIERIA

Subsede Villa Corzo

**CAMBIOS EN LOS RASGOS FUNCIONALES DE PLANTAS DE
CAFÉ (*COFFEA ARABICA* L.) EN UN GRADIENTE
ALTITUDINAL DE LA REGIÓN FRAILESCA**

Curso especial de titulación

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN DESARROLLO SUSTENTABLE**

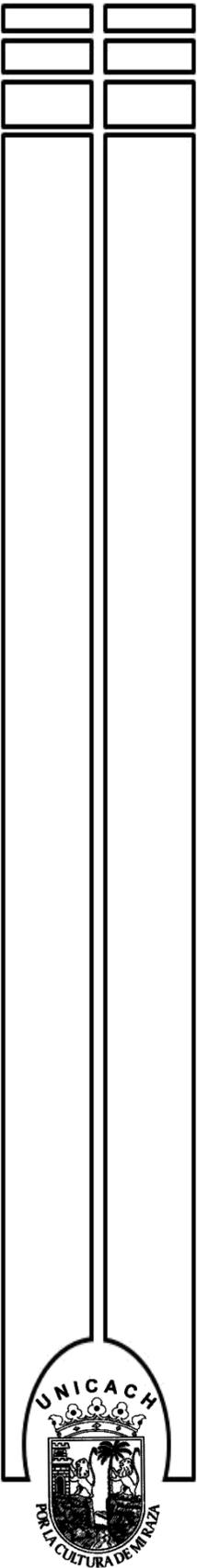


PRESENTAN

Rosbita Grajales Hernández

Eduardo Vázquez Trujillo

Villa Corzo, Chiapas, septiembre de 2019



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE
CHIAPAS**

FACULTAD DE INGENIERIA

Subsede Villa Corzo

**CAMBIOS EN LOS RASGOS FUNCIONALES DE PLANTAS DE
CAFÉ (*COFFEA ARABICA* L.) EN UN GRADIENTE
ALTITUDINAL DE LA REGIÓN FRAILESCA**

Curso especial de titulación

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN DESARROLLO SUSTENTABLE**



PRESENTAN

Rosbita Grajales Hernández

Eduardo Vázquez Trujillo

ASESOR

Luis Alfredo Rodríguez Larramendi

Villa Corzo, Chiapas, septiembre de 2019



**CAMBIOS EN LOS RASGOS FUNCIONALES DE PLANTAS DE CAFÉ
(*COFFEA ARABICA* L.) EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA REGIÓN
FRAILESCA**



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Dirección de Servicios Escolares
Departamento de Certificación Escolar
Autorización de impresión



Villa Corzo, Chiapas
5 de Septiembre de 2019

C. Rosbita Grajales Hernández

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería en Desarrollo Sustentable

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
Cambios en los rasgos funcionales de plantas de café (*coffea arabica L.*) en un gradiente altitudinal de la región Fraylesca

En la modalidad Curso especial de titulación
de:

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Firmas:

Dra. Rady Alejandra Campos Saldaña

Ing. Alder Gordillo Curiel

Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi

Ccp. Expediente



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Dirección de Servicios Escolares
Departamento de Certificación Escolar
Autorización de impresión



Villa Corzo, Chiapas
5 de Septiembre de 2019

C. Eduardo Vázquez Trujillo

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería en Desarrollo Sustentable

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
Cambios en los rasgos funcionales de plantas de café (*coffea arabica L.*) en un gradiente altitudinal de la región Fraylesca

En la modalidad de: Curso especial de titulación

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Firmas:

Dra. Rady Alejandra Campos Saldaña

Ing. Alder Gordillo Curiel

Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi

Ccp. Expediente

AGRADECIMIENTO

Dios tu amor y tu bondad no tienen fin, nos permites sonreír ante todos nuestros logros que son resultados de tu gran ayuda.

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a DIOS, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar y culminar uno de los anhelos más deseados.

A ti hijo mío Maximiliano gracias por ser el motor de cada día, gracias a ti hemos luchado y obtenido un éxito más;

A nuestros padres, por su amor, trabajo y apoyo durante todos estos años, gracias a ustedes hemos llegado hasta aquí.

A la facultad de ingeniería unicach, docentes y asesores gracias por estar siempre para nosotros, gracias por no dejarnos a medias, sin duda alguna ustedes fueron piezas fundamentales para que este logro se hiciera posible.

A todas nuestras amistades que día con día nos motivaban para seguir adelante, gracias, colegas y compañeros de trabajo Dios me los bendiga por compartir momentos de esfuerzos que hoy en día han valido la pena.

Gracias infinitas.

INDICE

I Introducción	9
ii Objetivos	
2.1 General	11
2.1.1 Específicos	11
iii MARCO TEÓRICO	12
3.1 Origen del cultivo de café	12
3.2 Importancia económica mundial del cultivo de café.....	12
3.3 El cultivo de café en México	13
3.4 El cultivo de café en Chiapas	14
3.5 Efecto de factores edafoclimáticos en el cultivo de café.....	15
3.5.1 Suelos óptimos para el cultivo de café.....	17
3.5.2 Precipitaciones	22
3.5.3 Radiación solar.....	22
3.5.4 Temperatura	23
3.5.5 Humedad relativa	24
3.6 Plasticidad fenotípica	25
3.6.1 Plasticidad fenotípica en el cultivo de café.....	26
3.6.2 Modificación de los rasgos foliares en plantas de café como respuesta a cambios climáticos	26
iv Materiales y Métodos	30
4.1 Localización	30
4.2 Diseño experimental	31
4.2.1 Variantes experimentales	31
4.3 Análisis estadísticos.....	33
v RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1 RASGOS FOLIARES	34
5.2 Crecimiento de la planta.....	35
5.3 CONTENIDO CLOROFILAS	37
vi CONCLUSIONES.....	39
Vii BIBLIOGRAFIA	40

RESUMEN

Se realizó un trabajo de campo en el ejido plan de ayala con el objetivo de comparar y determinar los rasgos funcionales de plantas de café de la especie *coffea arábica* L. en dos gradientes altitudinales. Dicho estudio fue realizado en dos parcelas ubicadas a 800 msnm y 1200 msnm, ambas parcelas localizadas en el ejido plan de Ayala municipio de villa corzo Chiapas. La variedad *coffea arábica* L. con 7 años plantados, la temporada del estudio fue en el mes de febrero del año 2019. El resultado fue el esperado, las plantaciones cultivadas a mayor gradiente altitudinal suelen aportar mayor cantidad de clorofila, mayor masa seca y masa fresca, en cambio las plantas cultivadas a menor altura suelen ser más grandes en cuanto a crecimiento pero en rasgos funcionales son mejores las de mayor altura.

Palabras clave: rasgos funcionales, gradiente, altitudinal, clorofila, masa seca, masa fresca.

I INTRODUCCIÓN

La producción del café en Chiapas es una de las actividades más practicadas puesto que esta tiende a ser una de las más comercializadas a nivel mundial. Los productores de café suelen seleccionar zonas tropicales, tierras aptas para el desarrollo de las plantas de café, asimismo la altura adecuada para una mejor producción.

Hoy en día, el cultivo y producción de café se ha extendido a 12 estados de la república mexicana, agrupados en cuatro grandes regiones que van desde la frontera sur que colinda con Guatemala, hasta el estado de Nayarit en el pacifico norte. Cada una de estas regiones muestra características propias, pero en su mayoría con condiciones adecuadas para la generación de café de calidad. Sin embargo, el cultivo de café en México, se concentra en cuatro entidades federativas (Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla), las que producen cerca del 85% del total de café verde, mientras que el porcentaje restante se distribuye en ocho entidades (INFOASERCA, 2002).

El presente trabajo de investigación fue realizado a partir de dudas y preguntas acerca de las diferentes características y rasgos que poseen las plantaciones de café de la especie *coffea arábica L.* cultivadas en lugares a diferentes alturas y en cuanto a exposición de sol, bajo sombra, en este caso nuestro estudio de trabajo, se centró en la determinación de clorofila, crecimiento y cambios en rasgos foliares en plantas cultivadas a alturas diferentes en parcelas ubicadas en el ejido plan de Ayala municipio de villa corzo, Chiapas (800 msnm y 1200 msnm).

Con esta investigación pretendemos realizar comparaciones de las características de área foliar, cantidad de clorofila, crecimiento de las plantas ***Coffea arábica L.*** y variables de clima que adquieren las plantaciones de café sembradas en parcelas de alta y baja altura.

II OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Determinar las características de crecimiento de dos cultivos de café en diferentes alturas.

2.1.1 ESPECÍFICOS

Identificar los cambios funcionales de los cultivos de planta de café en diferentes altitudinales:

- Evaluar los cambios en los rasgos foliares de plantas de cafetos (***coffea arabica L.***) en un gradiente altitudinal en la región Frailesca.
- Evaluar el crecimiento vegetativo de cafetos (***coffea arabica L.***) en un gradiente altitudinal en la región Frailesca.
- Evaluar el contenido de clorofilas (***coffea arabica L.***) en hojas de cafetos ***crecidos en*** un gradiente altitudinal en la región Frailesca.

III MARCO TEÓRICO

3.1 ORIGEN DEL CULTIVO DE CAFÉ

Según el CATIE (2000) y la unión nicaragüense de cafetaleros (UNICAFE, 1996), la especie más antigua de café conocida a nivel mundial es *Coffea arabica L.*, originaria de las tierras altas de Etiopía y Sudán, en África, donde crece en estado semisilvestre de Etiopía paso a Yemen, Arabia, de donde se exportaba en Siria, Persia (Irak) y Turquía. (Pilate, 2005)

Los holandeses introdujeron el cultivo de café a Java, en 1690, con semillas importada de Yemen en 1706 una planta de café fue despachada a los jardines botánicos de Ámsterdam, distribuyéndose posteriormente semillas y plántulas entre los principales jardines botánicos de Europa. (Pilate, 2005)

El café llega en América a través de dos rutas: la primera es de Holanda hacia Surinam (Guayana Holandesa) en 1719, mientras la segunda por orden del rey Luis XIV, que hizo despachar algunas plantitas a la isla de Martinico.

A Centroamérica se introdujo el café en El Salvador alrededor del año 1740, a Guatemala en 1750, a Costa Rica en 1796. (Pilate, 2005)

3.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA MUNDIAL DEL CULTIVO DE CAFÉ

El café es uno de los productos agrícolas de mayor importancia económica a nivel mundial, y ocupa el segundo lugar después del petróleo en materia de cifras de comercio internacional, generando ingresos anuales mayores a USD \$15 mil

millones para los países exportadores y brinda fuente de trabajo a más de 20 millones de personas en el mundo; el café ocupa un lugar primordial en el mercado mundial de bebidas y constituye un elemento esencial en la vida diaria de las diferentes poblaciones en la mayor parte del planeta, donde se disfruta como complemento de las actividades del quehacer diario .(Canet Brenes et al., 2016)

En los países del hemisferio americano, ha formado parte de su cultura y ha constituido un elemento esencial para el desarrollo de su vida republicana, donde el 90% de la producción agrícola está en manos de pequeños productores en la gran región productora, comprendida desde Perú hasta México (Canet Brenes et al., 2016).

3.3 EL CULTIVO DE CAFÉ EN MÉXICO

México produce cafés de excelentes calidades, ya que su topografía, altura, climas y suelos le permiten cultivar y producir variedades clasificadas dentro de las mejores del mundo. La variedad genérica que se produce en México es la arabica, que se clasifica dentro del grupo de “otros suaves”. Destacan por su calidad las variedades Coatepec, pluma hidalgo, jalatenango, marago y natural de Atoyac, sólo por citar algunas. México es el primer productor mundial de café orgánico, y uno de los primeros en cafés gourmet. (Canet Brenes et al., 2016).

El café se cultiva en doce estados de la República Mexicana, situados en la parte centro-sur del país: Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz. Más de 80% de la

producción se destina a la exportación y Chiapas es el principal productor nacional. El sistema de cultivo del café se realiza mayoritariamente con el sistema de sombra. En la producción del café participan más de 280 mil productores que constituyen en su mayoría minifundistas e indígenas que viven en zonas marginadas, agrupados en diferentes organizaciones de carácter local y regional.

Los grupos de productores tienen personalidad jurídica y la mayoría están organizados en asociaciones de comercialización. Algunas asociaciones venden cantidades menores de café tostado envasado para el mercado interno. La mayoría de las asociaciones ya cuentan con certificaciones orgánicas y algunas también cuentan con certificaciones de manejo amigable con las aves y de comercio justo. México también es uno de los principales productores de café orgánico certificado, cuya demanda internacional se ha incrementado a una tasa anual de 15% durante la última década. (Canet Brenes et al., 2016)

Los sistemas de café de sombra (como un proceso de producción certificable) tienen una mayor biomasa, más nutrientes y biodiversidad, menos maleza y plagas, así como un mejor balance de agua y microclima (Canet Brenes et al., 2016).

3.4 EL CULTIVO DE CAFÉ EN CHIAPAS

Chiapas es un estado con una gran tradición en el cultivo y la comercialización del café. Esta rubiácea africana de aromático grano fue introducida por primera vez a territorio chiapaneco a la población de Tuxtla Chico en las cercanías con la

frontera sur en 1847, proveniente de Guatemala. Desde entonces, el café ha encontrado en Chiapas las mejores condiciones de clima y suelo para su crecimiento y producción, y lo más importante, se ha encontrado con generaciones de personas que lo han cultivado con fervor, a tal grado que en la actualidad, después de 153 años, es un cultivo insustituible en las regiones montañosas.

De acuerdo con el Consejo Mexicano del Café, de los 12 estados productores, Chiapas ocupa un honroso primer lugar nacional. La variedad de café que más se produce en el estado (y en México) es la denominada “arábica” (*Coffea arabica*), la cual se cultiva casi en su totalidad en pendientes escarpadas, bajo árboles de sombra y con un uso muy limitado de agroquímicos, características que lo hacen un cultivo ambientalmente verde por excelencia. También tenemos el café “robusta” (*Coffea canephora*), que es la otra especie que se produce comercialmente en el mundo y se usa sobre todo en la industria de los cafés solubles. (Francisco & Parra, 1847)

La mayor parte de los productores son ejidatarios (muchos de ellos pertenecientes a etnias indígenas) que siembran el café en superficies menores a las dos hectáreas, lo cual refleja que se trata de un cultivo preponderantemente de interés social (Francisco & Parra, 1847).

3.5 EFECTO DE FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE CAFÉ

En las características del clima influyen los efectos de la luz solar, del viento, de las temperaturas máximas y mínimas, así como el régimen pluviométrico que

afecta a cada localidad. En relación a fotosíntesis, crecimiento vegetativo y reproductor, productividad y su regulación por factores climáticos (Carvajal, 1984)

El potencial de producción de materia seca está determinado por la genética de la planta o variedad y por su interacción con el ambiente (suelo y clima), así como por las prácticas de cultivo. La producción es la parte de la planta utilizable y se mide como la cantidad de grano o de materia seca. Cuando esta producción se relaciona con los recursos utilizados para su obtención se utiliza el concepto de productividad. Existen diferentes niveles de productividad agrícola, de acuerdo a la cantidad de factores limitativos que se encuentren en el proceso (Francisco & Parra, 1847)

Cuando las condiciones son ideales, se obtiene la máxima producción posible o producción potencial, que correspondería a la producción obtenida con el mejor nivel de tecnología y material biológico disponible, bajo un manejo ideal y en un ambiente físico óptimo para la interacción de los factores determinantes de la producción. Sin embargo, en la práctica existe una serie de factores limitativos como por ejemplo, la disponibilidad de agua y de nutrimentos, que impiden alcanzar la producción potencial y sólo permiten la obtención de una producción alcanzable de acuerdo a la proporción de elementos disponibles para el cultivo.

(Francisco & Parra, 1847)

3.5.1 SUELOS ÓPTIMOS PARA EL CULTIVO DE CAFÉ

Factores de la producción la producción de un cultivo está relacionada con la incidencia de diferentes factores donde se deben considerar Clima Este factor afecta las características del suelo y de la planta. Así tenemos que suelos que reciben alta precipitación se caracterizan por presentar un pH ácido, pobre en nutrientes (efecto del lavado), con presencia de aluminio, arcillas del tipo como la caolinita y otras propiedades. (marc muñoz, s/f)

En el caso de las plantas, este factor va a afectar las etapas fenológicas , así tenemos que el café se produce en condiciones templadas y calientes, por lo que indica que es un cultivo de climas Tropicales y subtropicales, pero la calidad de los productos varían con la temperatura, así tenemos que temperatura mayores de 23°C a 25°C, reducen la calidad, siendo las óptimas entre 18 a 22°C aun cuando hay bibliografías que nos indican entre 20 y 25°C, indicándose que en este rango no es requerida la sombra, sin embargo esta es empleada como parte del manejo de la plantación. Si la temperatura reduce la calidad del café, el efecto del sobre calentamiento de la tierra, afecta esta producción, por lo que el cultivo puede ir desplazándose hacia la altura a fin de obtener temperaturas más adecuadas. (marc muñoz, s/f)

La menor temperatura y menor humedad favorece el factor de calidad, considerándose que la humedad aumenta la cantidad pero no la calidad. El clima va a afectar directa e Indirectamente la incidencia de plagas y enfermedades, las mismas que afectan la producción y la calidad del producto obtenido.

La precipitación requerida fluctúa entre 1500 a 2500 mm, pero requiere de un abastecimiento constante para un correcto crecimiento del cafeto, por lo que se requieren por lo menos 120 milímetro al mes, la altitud más adecuada fluctúa entre 1000 a 1500 msnm Las zonas Cafetaleras en el Perú: van de 600 a 1 600 m.s.n.m, Zona Baja: 600 a 900 m.s.n.m, Zona Media: 900 a 1 200 m.s.n.m, Zona Alta: 1 200 a 1 600 m.s.n.m. 650 m s n m 1,000 m s n m 1,600 m s n m café áreas forestales y de protección (marc muñoz, s/f)

Se requiere también un aire húmedo y con vientos de reducida fuerza. La luminosidad y de horas de luz presenta importancia en la producción, así a mayor luminosidad se obtiene mayor producción pero con un buen abonamiento. Normalmente el brillo solar en la zona cafetera se encuentra entre 1.600 y 2.000 horas de sol al año (4.5 - 5.5 horas de sol al día). De la misma manera bajo condiciones de buen manejo y en forma oportuna, bajo condiciones de clima nublado se puede producir. La temperatura también influye en los procesos de infección, colonización, esporulación, sobrevivencia de los patógenos. También en los procesos fisiológicos de la planta, como fotosíntesis, evapotranspiración, metabolismo entre otros (marc muñoz, s/f).

3.5.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La textura del suelo es precisamente esta proporción de cada elemento del suelo lo que se llama la textura, o dicho de otra manera, la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una

buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición. En geología, el término textura aplicado a las rocas, tiene sentido diferente, designa el modo en que los elementos constituyentes de la roca se agrupan en el espacio confiriéndole su conformación general (República, 2004).

3.5.1.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS

La mayor parte de los nutrimentos que la planta requiere para satisfacer las exigencias del crecimiento y de la ontogenia, procede del contenido presente en la parte superior del suelo. Si esta llega a perder mucha agua, a pesar de que algo obtiene la planta de los estratos inferiores, el arbusto sufre de una deficiencia de minerales, ya que no se induce una corriente transpiratoria que atraiga los nutrimentos a la superficie de las raíces y en consecuencia su velocidad de difusión es muy baja en un suelo seco. Esta situación es menos detrimental para los nutrimentos más móviles, como en el caso del nitrógeno, pero sería importante para otros elementos entre los que se citan potasio, fósforo y boro. La disponibilidad de nutrimentos y de agua está regida por las propiedades físicas del suelo (textura, estructura, porosidad, espesor y pendiente). Las características químicas de hecho juegan también un papel importante (Carvajal, 1984)

3.5.1.2.1 PH

El pH del suelo es una medida de la acidez o de la alcalinidad de la solución del suelo. Por definición, el pH es el negativo del logaritmo de la concentración del ión

de hidrógeno $[H^+]$, es decir: $pH = -\log[H^+]$ Se dice que los suelos son ácidos, neutros, o alcalinos (básicos), dependiendo de sus valores de pH, en una escala de 0 a 14 (cuadro 1). Un pH de 7 es neutro (agua pura), menos de 7 es ácido y mayor a 7 es alcalino. Como el pH es una función logarítmica, cada unidad en la escala del pH es diez veces menos ácida (más alcalina) que la unidad debajo de ella. Por ejemplo, una solución con un pH de 5 tiene una concentración de iones de H^+ 10 veces mayor que una solución con un pH de 6 y una concentración 100 veces más alta que una solución con pH de 7. (Piedrahita, 2009)

Los suelos minerales ácidos con pH inferiores a 5.0 contienen a menudo cantidades apreciables de Al y de Mn en la solución del suelo, que son perjudiciales para el crecimiento vegetal. El crecimiento óptimo y el uso eficiente de los nutrientes de los fertilizantes en suelos ácidos requieren de la adición de enmiendas para eliminar los efectos tóxicos del Al, H y Mn. Los microorganismos del suelo no funcionan con eficacia en suelos ácidos. A medida que disminuye el pH del suelo disminuye también la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y proveen nutrientes a las plantas. (Piedrahita, 2009)

Aunque estos organismos funcionan mejor en niveles de pH del suelo de 8.0, su eficacia no cae rápidamente hasta que los niveles del pH están por debajo de 6.0. La descomposición de la materia orgánica no solo provee nutrientes sino que también contribuye a la agregación (agrupamiento) de las partículas del suelo que genera buena estructura, aireación y drenaje del suelo. La eficacia de las bacterias que se incorporan a las raíces de las leguminosas y fijan nitrógeno (nodulación) es

más alto en los niveles de pH de 6.5 a 7.0 y declina rápidamente cuando los niveles del pH caen debajo de 6.0 (Piedrahita, 2009).

3.5.1.2.2 NUTRIENTES MINERALES

La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales -fertilidad química- pero que no está provisto de buenas condiciones físicas y viceversa. Igualmente, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de las plantas; el clima juega un papel importante y determinante en muchos casos. Por ejemplo se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no es capaz de producir buenas cosechas, entonces en un suelo fértil, no productivo. Respecto a su constitución, en general y en promedio, en volumen, una proporción ideal está dada por 45-48% de partículas minerales, 5-2% de materia orgánica, 25% de aire y 25% de agua (V, Fertilidad, Suelo, & Suelo, s/f).

3.5.2 PRECIPITACIONES

Se conoce como precipitación a la cantidad de agua que cae a la superficie terrestre y proviene de la humedad atmosférica, ya sea en estado líquido (llovizna y lluvia) o en estado sólido (escarcha, nieve, granizo). La precipitación es uno de los procesos meteorológicos más importantes para la Hidrología, y junto a la evaporación constituyen la forma mediante la cual la atmósfera interactúa con el agua superficial en el ciclo hidrológico del agua. La evaporación de la superficie del océano es la principal fuente de humedad para la precipitación, se puede decir que es el 90% de la precipitación que cae en el continente.

Sin embargo, la mayor cantidad de precipitación no necesariamente cae sobre los océanos, ya que la circulación atmosférica transporta la humedad grandes distancias, como evidencia de ello se pueden observar algunas islas desérticas. La localización de una región con respecto a la circulación atmosférica, su latitud y distancia a una fuente de humedad son principalmente los responsables de su clima.

3.5.3 RADIACIÓN SOLAR

La influencia de la luz solar se manifiesta en los vegetales por el efecto de dos variables: a) duración (fotoperiodo) y b) intensidad (irradiación). De estas, la que más influencia tiene sobre el comportamiento del género *Coffea* es la intensidad lumínica, objeto de un artículo de revisión. Los estudios pioneros efectuados por Franco dieron paso para considerar al café como una planta de día corto. Estos resultados fueron corroborados por otros autores. La investigación efectuada

recientemente en Kenia, específicamente sobre la respuesta del café Arábica a días largos, durante tres años consecutivos, indicaron que los arbustos aparentemente retienen por seis o más meses el estímulo inductivo, pero que posteriormente tienden a comportarse como plantas de día corto (Carvajal, 1984)

3.5.4 TEMPERATURA

La temperatura, es la propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico. El concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el grado de caliente o frío relativo y de la observación de que las variaciones de calor sobre un cuerpo producen una variación de su temperatura, mientras no se produzca la fusión o ebullición. La sensación de calor o frío al tocar una sustancia depende de su temperatura, de la capacidad de la sustancia para conducir el calor y de otros factores.

Cuando se aporta calor a una sustancia, se eleva su temperatura, así los conceptos de temperatura y calor, aunque están relacionados, son diferentes: la temperatura es una propiedad de un cuerpo y el calor es un flujo de energía producido por las diferencias de temperatura. La temperatura es una de las variables básicas del tiempo y clima. Cuando preguntamos cómo está el tiempo afuera, casi siempre decimos algo sobre la temperatura, como hace frío o hace calor. De nuestra experiencia diaria, sabemos que la temperatura varía en diferentes escalas de tiempo en un mismo lugar, en periodos estacionales, diarios, horarios, etc., y varía también en el espacio.

En meteorología, la temperatura se registra en las estaciones meteorológicas, de las que existen miles en todo el mundo. En estas estaciones se miden, por

ejemplo, datos de temperatura a determinadas horas fijas, valores de temperaturas máximas y mínimas o se toman registros continuos en el tiempo, llamados termogramas. Con estas mediciones se pueden hacer los cálculos estadísticos para descripciones climatológicas generales, tales como: • temperaturas medias diarias, mensuales, estacionales o anuales, • valores extremos (máximas y mínimas), • amplitudes térmicas, que es la diferencia entre el valor máximo y mínimo, • desviaciones estándar, etc.

3.5.5 HUMEDAD RELATIVA

En un estudio que se realizó dice que existen tres términos del balance hidrológico que pueden influir en el sentido de favorecer niveles altos de humedad del suelo en las parcelas a PES. Uno de ellos es la extracción de agua del suelo que realizan los árboles sombreadores, en relación con el cual se ha encontrado que al eliminar la sombra en un cafetal disminuye la absorción de agua a profundidades mayores de 50 cm lo cual puede deberse precisamente a la eliminación de la absorción de agua por los árboles sombreadores (E.Velasco, L. Rodríguez, R.Medina, 2001).

Otro es la interceptación de la lluvia, que se ha cuantificado para distintos ecosistemas cafetaleros con y sin la utilización de sombrero, encontrándose que la interceptación de la lluvia en un cafetal bajo sombra podía alcanzar los 60 mm, en tanto que en un cafetal al sol sólo alcanzaba los 45 mm. Finalmente puede mencionarse la formación del rocío, la cual es más abundante en los ecosistemas abiertos, factor este que ha sido mencionado en este contexto (E.Velasco, L. Rodríguez, R.Medina, 2001)

3.6 PLASTICIDAD FENOTÍPICA

La plasticidad fenotípica es uno de los medios por los cuales las plantas pueden ajustar su morfología y fisiología, permitiéndoles enfrentar la heterogeneidad ambiental bajo condiciones naturales. En un estudio donde se evaluó la plasticidad fenotípica (PF) en respuesta a la disponibilidad hídrica del suelo, bajo dos condiciones de luz, en clones de dos poblaciones de *Lippia alba* (Verbanaceae) contrastantes en la heterogeneidad del régimen de precipitación en su hábitat natural, a través de normas de reacción morfológicas y de asignación de biomasa (Palacio-lópez, Rodríguez-lópez, & Sc, 2008).

El experimento se desarrolló en condiciones semicontroladas en invernadero, siguiendo un diseño experimental completamente aleatorizado, bajo un esquema factorial dos * dos (disponibilidad hídrica y poblaciones). La mayoría de los caracteres evaluados mostraron PF. No obstante, algunos caracteres de la población proveniente de condiciones naturales más homogéneas presentaron una reducción de plasticidad marcada. Lo anterior sugiere una posible relación entre el amplio rango de distribución de *Lippia alba*, PF y eventos de adaptación local (Palacio-lópez et al., 2008).

3.6.1 PLASTICIDAD FENOTÍPICA EN EL CULTIVO DE CAFÉ

La plasticidad fenotípica (PF), entendida como la habilidad que posee un mismo genotipo para producir diferentes fenotipos en respuesta a diferentes condiciones ambientales, es uno de los medios por los cuales las plantas pueden ajustar su morfología y fisiología permitiéndoles enfrentarse a la heterogeneidad ambiental de su ambiente natural (Palacio-lópez et al., 2008)

La PF se puede evaluar a través de las normas de reacción de un genotipo, las cuales muestran la variación fenotípica producida por genotipos expuestos a diferentes ambientes. A su vez, la PF se puede cuantificar a través de índices tales como el índice de plasticidad basado en distancias fenotípicas relativas (RDPI), el cual estima la magnitud de la plasticidad en un rango de 0 a 1, teniendo como base el valor absoluto de la diferencia de las respuestas fenotípicas de un carácter bajo dos condiciones ambientales diferentes, dividido por la suma de las mismas respuestas ($RDPI = \text{Abs}(a-b)/a+b$, siendo a y b dos niveles diferentes de un factor ambiental determinado; Valladares, 2006). Se ha postulado que las especies especialistas (Palacio-lópez et al., 2008).

3.6.2 MODIFICACIÓN DE LOS RASGOS FOLIARES EN PLANTAS DE CAFÉ COMO RESPUESTA A CAMBIOS CLIMÁTICOS

Una de las actividades económicas sobre la que más se resentirán los efectos del calentamiento global es la agricultura. Adams y otros (1988) destacan entre los efectos principales: la modificación en los cultivos debido a un incremento atmosférico en la concentración de CO₂; mayor probabilidad de un incremento en

la población de plagas, y ajustes en las demandas y ofertas de agua para irrigación. Como resultado se espera que la productividad de algunos cultivos importantes disminuya. (CEPAL, Costa Rica, 2010). Los efectos directos sobre los procesos fisiológicos en las plantas, debido al aumento en la concentración de CO₂, han sido demostrados y sus consecuencias sobre el crecimiento, desarrollo y producción vegetal han sido evaluadas con diferentes modelos (Del, Agroclimático, & Sectores, 2013)

Los escenarios de cambio climático han permitido determinar impactos y proyecciones en diferentes sectores económicos como el energético, el ecosistémico y agrícola. Aunque en Colombia existen estudios relacionados con cambio climático y agricultura utilizando escenarios de cambio climático, la mayoría se han ejecutado en el marco de la primera y segunda comunicación ante la convención marco de Naciones Unidas ante el Cambio Climático y la Dirección Nacional de Planeación, el resto de investigaciones se elaboran en el marco de tesis de maestría y doctorados en universidades colombianas, especialmente en el tema de variabilidad climática con el Fenómeno el Niño y la Niña, eventos que han afectado seriamente el sector agrícola colombiano (Del et al., 2013).

3.6.2.1 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE CAFETOS A LA RADIACIÓN SOLAR

Según estudios realizados dice que la eficiencia con que una plantación es capaz de interceptar la radiación solar es uno de los factores determinantes de la productividad de un cultivo en el caso del cafeto, CANNEL (1975) asegura que la distribución de su follaje resulta muy eficiente para la interceptación de la

radiación, debido a su carácter planófilo y la arquitectura de su ramificación. Sin embargo, en algunas ocasiones las características del ecosistema pueden influir y hasta limitar esta capacidad de la especie (Larramendi, Velasco, Segura, Carrazana, & Medina, 2004)

Los factores ambientales pueden causar distintos cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos en los cultivos, determinando una variación en su rendimiento, ya que la interacción entre estos factores y los procesos fisiológicos inciden en el mejoramiento de las prácticas de producción, al optimizar la fotosíntesis e incrementar la productividad de los cultivos. (Córdova, Carreño, Morales, & Álvarez, 2016)

En este sentido, el sombreado es una estrategia útil para el cultivo de especies tolerantes a la sombra, en zonas de alta irradiación. Cuando se reduce la irradiación también se reduce la demanda evaporativa de las hojas del cultivo y del suelo, lo que incrementa el agua en la planta y la humedad del suelo. En el género *Coffea* tiene gran influencia la intensidad de la luz, cuyo efecto se manifiesta desde cambios en el crecimiento vegetativo, hasta diferencias marcadas en los rendimientos, en dependencia del nivel de exposición a la radiación solar. A pesar de que la mayoría de las plantaciones de café son cultivadas a pleno sol, estudios apuntan a que la especie es de sombra, principalmente para la producción de posturas. Pese a que se acepta, de manera general, la importancia de la luz y su manejo en la caficultura, aún es escasa la información referente al comportamiento de posturas de cafeto en distintos ambientes lumínicos, lo que limita la posibilidad de sugerir su manejo (Córdova et al., 2016)

Con estos antecedentes, se consideró la realización del presente estudio, con el objetivo de evaluar la influencia de la luz sobre las variables fisiológicas: masa seca, área foliar, contenido de clorofila, densidad estomática y estructura anatómica de las hojas (Córdova et al., 2016).

3.6.2.2 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE LAS PLANTAS DE CAFETOS A VARIACIONES EN LA TEMPERATURA DEL AIRE.

El cambio climático global se compone de una serie de eventos meteorológicos que tienen influencia en el funcionamiento de los sistemas naturales; se manifiesta en alteraciones en la biodiversidad de los ecosistemas, en la productividad y fuentes de alimentos y por consiguiente, en la cotidianidad humana. Existe un creciente interés por entender los procesos que componen el cambio climático global y su influencia en la dinámica del ciclo de carbono en los ecosistemas naturales, ya que las plantas son fundamentales en el balance global de este gas, por su capacidad de absorber CO₂ mediante la fotosíntesis, secuestrarlo en forma de celulosa o transformarlo en otro tipo de compuesto orgánico (yepes, Adriana;Silveira Buckeridge, 2011)

Los estudios de las respuestas de plantas que se desarrollan en altas concentraciones de gas carbónico sugieren que estas condiciones pueden beneficiar el crecimiento de plantas y la productividad en algunas especies, pero se desconoce el efecto combinado de estas variables climáticas cambiantes. En esta revisión serán presentadas generalidades de la ciencia del cambio climático, algunas tecnologías aplicadas para el estudio de su efecto en las plantas y las

respuestas de diferentes especies vegetales a las variables ambientales cambiantes (yepes, Adriana;Silveira Buckeridge, 2011)

El desarrollo de la investigación básica nos ha permitido redimensionar la influencia de las actividades antropogénicas en el desequilibrio de los sistemas naturales. La interdisciplinariedad e investigaciones asociadas en biología molecular, bioquímica, fisiología, ecología y climatología, entre otros, permitirá contar con una perspectiva más integradora sobre estos eventos, conocimiento fundamental para establecer las líneas de acción y adaptación por parte de gobiernos y de entidades privadas implicadas en su vigilancia y preservación (yepes, Adriana;Silveira Buckeridge, 2011).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en la colonia plan de Ayala municipio de villa corzo Chiapas, este lugar se localiza en los límites de la Sierra Madre y de la Depresión Central, predominando el relieve montañoso. Abarca desde las coordenadas 15°50' hasta 16°26' de latitud norte; y desde 92°51' hasta 93°37' de longitud oeste. Su clima varía según la altitud: cálido subhúmedo con lluvias en el verano en las partes bajas y semicálido húmedo en la sierra. El suelo del municipio se compone de suelo aluvial, su vegetación la componen selva baja, bosque de pino-encino. La principal producción agrícola es: maíz, frijol, cacahuate, café, sorgo y caña cubano. La principal producción pecuaria: ganadería vacuna, porcina y la avicultura.

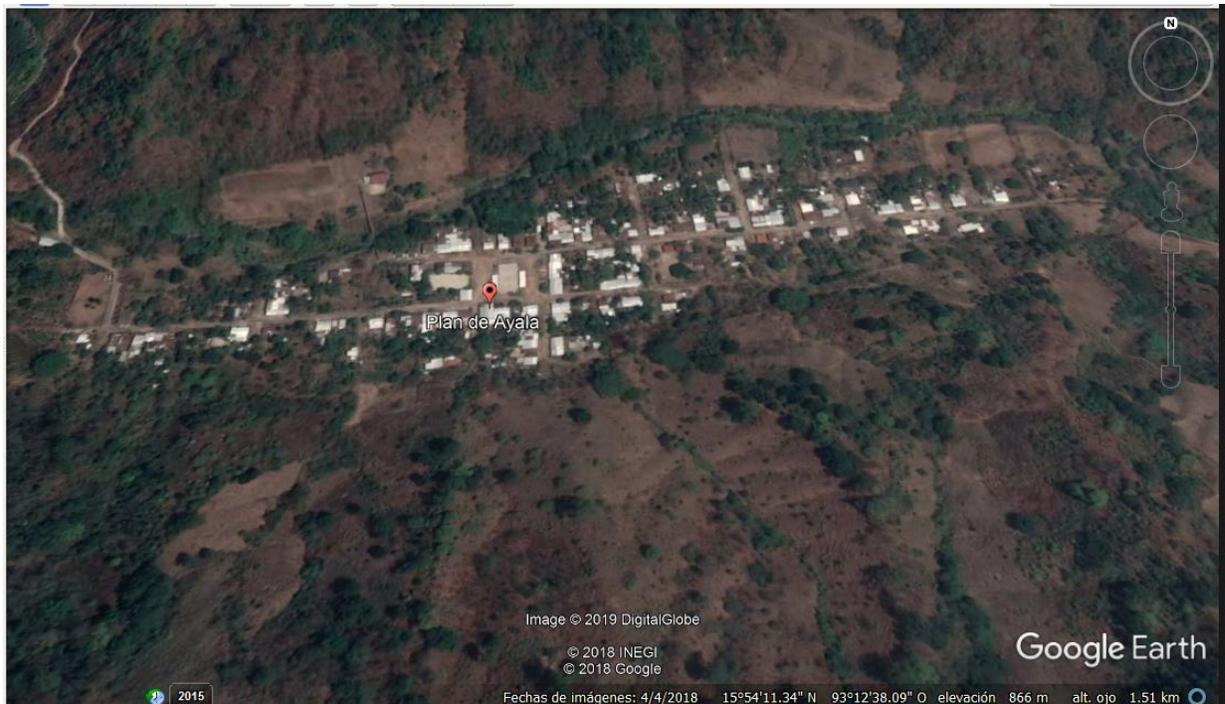


Figura 1. Localización del área de estudio. (Tomado de Google Earth)

4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Las mediciones se llevaron a cabo en plantas de café de la especie ***Coffea arábica L.*** En dos parcelas ubicadas a diferentes alturas, a 800 msnm y 1200 msnm se escogieron al azar 4 bloques de 20 m x 25 m con plantaciones de café para determinar variables de clima, área foliar, clorofila y crecimiento de la planta.

4.2.1 VARIANTES EXPERIMENTALES

Las variantes experimentales consistieron en dos altitudinales (1200 y 800 msnm) en cada gradiente altitudinal se marcaron cuatro parcelas de 20 x 25 metros con 13 hileras de plantas separadas a 1.5 metros, En total cada parcela experimental contó con 217 plantas. En cada parcela se seleccionaron cinco plantas al azar para realizar las mediciones de crecimiento, clorofilas y rasgos foliares.

4.2.1.1 MICROCLIMA

4.2.1.1.1 DENSIDAD DEL FLUJO FOTÓNICO FOTOSINTÉTICO

Desde las 6:00 hasta las 17:00 horas se registraron los valores de densidad de flujo fotónico fotosintético dentro del rango de longitud de onda de 400-700 nm (radiación fotosintéticamente activa, PAR), con un sensor colocado encima del dosel de los cafetos una vez en cada réplica. Las mediciones se realizaron a intervalos de una hora.

4.2.1.1.2 HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA DEL AIRE

Los registros se realizaron con una microestación climática acoplada a un datalogger. Las mediciones se realizaron desde las 6:00 a las 17:00 horas a intervalos de una hora.

3.4.1.2 Rasgos foliares

Para poder determinar los rasgos foliares se seleccionaron 5 plantas por bloque, de las cuales se obtuvieron muestras de 5 hojas por planta. Tomando en cuenta que las hojas recolectadas no estuvieran tiernas y tampoco muy viejas. Después de eso se separaron las hojas de cada bloque y cada parcela para etiquetarlas. Las muestras recolectadas se llevaron al laboratorio de la universidad (UNICACH) donde con la ayuda de una báscula analítica se prosiguió pesarlas para obtener masa fresca.

Al terminar de pesar las hojas se les determinó el área foliar en un escáner laser portátil. Posteriormente de haber obtenidos los datos se colocaron en una estufa

por 72 horas poder obtener la masa seca, tomando en cuenta que no se perdiera de vista la misma hoja fresca y seca para obtener datos exactos.

4.2.1.2 CONTENIDO DE CLOROFILAS

Se seleccionaron cinco plantas por réplicas en cada tratamiento a las cuales se les determinó el contenido de clorofilas con un medidor portátil MC-100. En cada planta se realizó una lectura en dos hojas totalmente expuestas de la parte media de la planta.

4.2.1.3 CRECIMIENTO VEGETATIVO

Para obtener los datos del crecimiento de las plantas se utilizó una cinta métrica para poder medir la altura de la planta y manualmente se contabilizó el número de ramas y número de hojas de cada planta, tomando en cuenta que de cada bloque solo se seleccionaron 5 plantas.

4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizaron análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental establecido y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Para estos análisis se usó el software Statistica (Statsoft, 2007).

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RASGOS FOLIARES

En los rasgos foliares se realizó otra comparación con las gradientes de 800 msnm y 1200 msnm de lo cual se tomaron cuenta el área foliar unitaria, masa metabólica, masa seca foliar y masa fresca foliar.

En una comparación de **área foliar unitaria** se puede observar que a menos altura mayor área la planta tiende a desarrollar más de tamaño como se puede observar en la figura 3. Una planta a 800 msnm se encuentra en un promedio de 84 cm² y una planta a 1200 msnm.

En lo que es la **masa metabólica** pasa lo contrario las hojas de menos altitud suelen tener menos masa ya que a los 800 msnm se encuentran a 1.12 gramos por hoja y a los 1200 msnm la masa se encuentra en un promedio de gramos por hoja.

En la **masa seca foliar** podemos observar que de igual manera la masa foliar es mayor en mayor altitud que son 1200 msnm ya que se encuentra en un promedio de 0.0088 g por hoja y a comparación de menor altitud que es a 800 msnm se encuentran a un promedio 0.080 eso nos indica que la planta a mayor altura suele tener más masa mayor peso.

La **masa fresca** de igual manera que la masa seca se encuentra con mayor peso en zonas más altas ya que una hoja suele pesar los 0.025 gramos y en la zona más baja suele 0.021 gramos por hoja eso suele decir que las hojas a mayor altura suelen tener más doble las hojas para tener más concentración de masa.

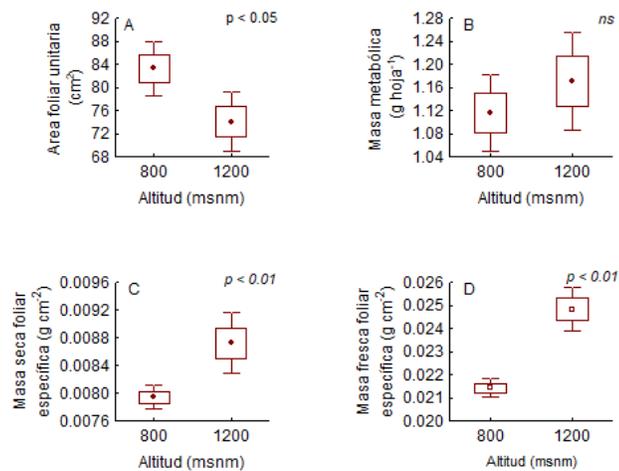


Figura 1. Variaciones de algunos rasgos foliares de plantas de cafetos crecidos en un gradiente altitudinal de 800 a 1200 metros sobre el nivel del mar en la región Frailesca, Chiapas.

5.2 CRECIMIENTO DE LA PLANTA.

La altura de la planta es una variable influenciada por la luz, calor, y otros nutrientes, entre otros es importante porque la altura indican el crecimiento ortotopico de la planta de café, lo que va a proporcionar ramas primarias y secundarias que garantizaran la producción. (Productiva, 2005).

En la figura 2 Podemos observar donde las plantas se encuentran a 800 msnm las plantas tienen un promedio de 1.35 m comparando con las plantas que se encuentran a 1200 msnm podemos observar un que las plantas se encuentran más pequeñas con un promedio de 1.5 m.

En el número de ramas de también observando en la misma figura antes mencionada podemos observar que no hay mucha diferencia a comparación con el tamaño de la planta ya que solo se diferencian 2 Pares de plantas a 800 msnm se pueden observar un promedio de 32 ramas por plantas y las plantas a 1200 msnm tienen 28 ramas podemos observar que solo hay una diferencia de 4 ramas.

Otro punto que podemos observar es el diámetro de tallo de las plantas es que las de 800 msnm las plantas tienen un tallo promedio de 2.4 cm y las plantas a 1200 msnm se encuentran en un promedio de 2cm se puede ir observando que en estas tres comparaciones que se han comparado las plantas de 800msnm pues han tenido mayor tamaño.

En comparación con el número de hojas las plantas de igual manera que las demás comparaciones las plantas tienen mayor cantidad de hojas las de 800msnm ya que se encuentran en un promedio de entre 325 a 350 hojas por plantas y comparándolas con las plantas de 1200 msnm el número de hojas por planta se encuentran entre 300 y 325.

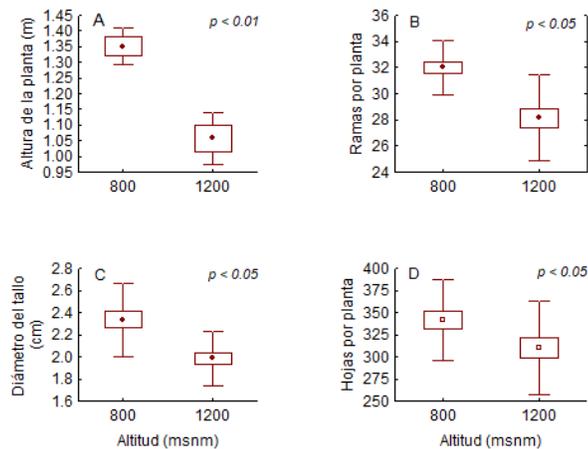


Figura 2. Variaciones en el crecimiento vegetativo de cafetos crecidos en un gradiente altitudinal de 800 a 1200 metros sobre el nivel del mar en la región Frailesca, Chiapas.

5.3 CONTENIDO CLOROFILAS

En la Figura 3 se puede analizar el estudio del contenido de clorofila que se encuentran en las diferentes altitudinales de las plantas de cafetos se encuentran a 1200 msnm tienen mayor contenido de clorofilas. De los resultados obtenidos se infiere que a mayor altura las plantas contienen un promedio de 920 umol m^2 y las plantas que se encuentran a 800 msnm tienen un promedio de 840 umol m^2 esto nos da a entender que las plantas entre más altas se encuentren suelen tener mayor capacidad para captar la radiación solar disponible.

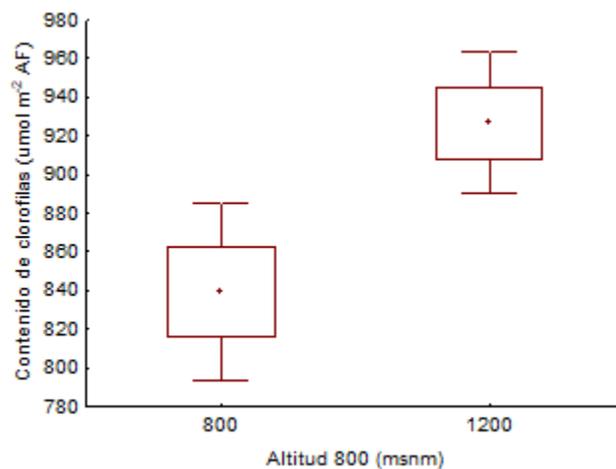


Figura 3. Variaciones en el contenido de clorofilas totales en plantas de cafetos crecidos en un gradiente altitudinal de 800 a 1200 metros sobre el nivel del mar en la región Frailesca, Chiapas.

VI CONCLUSIONES

En conclusión podemos observar que las diferencias que se encontraron según los estudios que se realizaron, es que las plantas cultivadas en menor altitud llegan a tener mayor tamaño. Pero las plantas de mayor altitud suelen tener mayor masa foliar, mayor consistencia que suelen compensar con las de mayor altura de las plantas.

En si podemos observar que las plantas que se encuentran a 1200 msnm suelen tener menor tamaño, pero tienen mejor soporte las plantas, ya que tienen más clorofila y mayor área foliar. Las diferencias en ambas plantaciones de café de la especie *coffea arábica* L. Es el crecimiento y la mayor concentración de clorofila.

VII BIBLIOGRAFIA

- Canet Brenes, G., Soto Viquez, C., Ocampo Tomason, P., Rivera Ramírez, J., Navarro Hurtado, A., Guatemala Morales, G., & Villanueva Rodríguez, S. (2016). La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y el Caribe. En *Iica*. Recuperado de <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/BVE17048805e.pdf>
- Carvajal, J. F. (1984). *F. Carvajal* ~ ~.
- Córdova, M. E., Carreño, F. S., Morales, D., & Álvarez, I. (2016). *CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DEL CAFETO Influence of light on some physiological characteristics of coffee (Coffea arabica L . cv . Caturra) in nursery conditions*. 37(4), 89–97. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10544.76801>
- Del, E., Agroclimático, R., & Sectores, P. O. R. (2013). *Efectos del cambio climático en el rendimiento de tres cultivos mediante el uso del Modelo AquaCrop*. 0–103.
- E.Velasco, L. Rodriguez, R.Medina, I. F. J. V. (2001). *DE LA SIERRA MAESTRA*.
- Francisco, J., & Parra, M. (1847). *y la investigación en E COSUR*.
- Larramendi, L. R., Velasco, E., Segura, N., Carrazana, J., & Medina, R. (2004). *(coffea arabica. I, 97–102*.
- marc muñoz. (s/f). *suelos optimo para cafe 1.pdf*. Recuperado de <http://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/factores.pdf>
- Palacio-lópez, K., Rodríguez-lópez, N., & Sc, M. (2008). *PLASTICIDAD FENOTÍPICA EN Lippia alba (VERBENACEAE) EN RESPUESTA A LA*

DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN DOS AMBIENTES LUMÍNICOS Phenotypic Plasticity in Lippia alba (Verbenaceae) in Response to Water Availability in Two Light Environments. 12, 187–198.

Piedrahita, O. (2009). *Introducción pH del Suelo. 14*(cuadro 1).

Pilate, A. (2005). *Tesis café sol y sombra Nicaragua.pdf. 2005.*

Productiva, E. (2005). *Universidad nacional agraria.*

República, U. D. E. L. A. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo.*

V, I. J. S., Fertilidad, P. I., Suelo, D. E. L., & Suelo, E. L. C. D. E. (s/f).

FERTILIDAD DEL SUELO Y NUTRICION MINERAL DE PLANTAS -

Conceptos Básicos-.

yepes, Adriana;Silveira Buckeridge, M. (2011). *Ar título de revisión RESPUESTAS*

DE LAS PLANTAS ANTE LOS FACTORES AMBIENTALES DEL CAMBIO

CLIMÁTICO GLOBAL (REVISIÓN) Plant responses to meteorological events

related to climate change - review.